

Die Verteilung der Amplituden im pathologischen Stimmsignal

Robert Vollnhals



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der
Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenkranke
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. H. H. Naumann

Die Verteilung der Amplituden
im pathologischen Stimmsignal

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig - Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von
Robert Vollnhals

aus
München

1986

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. F. Martin
Mitberichterstatter: Prof. Dr. H. H. Naumann
Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 13. 5.86

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Methode	10
2.1.	Versuchsaufbau	10
2.2.	Probanden	11
2.2.a.	Auswahl der Probanden	11
2.2.b.	Probandengruppen	11
2.2.c.	Vergleichspaare	13
2.3.	Auswertung	13
3.	Ergebnisse	17
3.1.	Graphiken, Tabellen, Histogramme	17
3.1.a.	Graphische Darstellung der Amplituden- verteilungen	17
3.1.b.	Tabellen der Einzelwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter "Amplitu- dendifferenz" und "Häufigkeitsquotient"	19
3.1.c.	Histogramme der Amplitudendifferenzen und Häufigkeitsquotienten	21
3.2.	Erläuterungen und Statistik	24

4.	Diskussion	28
4.1.	Wertung der Ergebnisse	28
4.2.	Wertung des Verfahrens	29
5.	Zusammenfassung	33
6.	Literaturverzeichnis	36
7.	Anhang	39
7.1.	Anhang 1: Lesetext	39
7.2.	Anhang 2: Computerprogramm	43

1. Einleitung

Phoniatrie ist ein ursprünglich aus der HNO - Heilkunde abstammendes ärztliches Spezialgebiet, das sich mit Störungen

- der Sprache
- der Stimme
- des Sprechens

befaßt (Becker - Naumann - Pfaltz, 1983). Vor allem im Bereich von Sprachstörungen (z.B. Aphasien) und Sprechstörungen (z.B. Sigmatismus) arbeitet sie mit vielen anderen ärztlichen und nichtärztlichen Teilgebieten wie der Neurologie, Pädiatrie, Logopädie, Pädagogik, Linguistik u.s.w. zusammen (Becker- Naumann - Pfaltz, 1983; Delank, 1981).

Für den Phoniater speziell und nahezu alleine interessant sind die Störungen der Stimme, sobald sie peripher bedingt, d.h. ihre Ursachen im Bereich des Larynx zu suchen sind. Zum besseren Verständnis seien kurz die physiologisch - anatomischen Voraussetzungen für Entstehung von Stimme und Sprache dargelegt. Dabei sind drei voneinander zu trennende Organsysteme zu unterscheiden:

1. Die Atmungsorgane: Durch sie wird der für die Stimmbildung nötige Luftstrom erzeugt, der die Stimmlippen in Schwingungen versetzt.
2. Der Larynx: Hier erfolgt die Bildung der glottalen, akustischen Welle.

3. Das Ansatzrohr: Es setzt sich aus supraglottischem Raum, Rachen, Mundhöhle und Nase zusammen. Hier erfolgt die Artikulation, d. h. die Lautbildung mit Hilfe des im Larynx entstandenen Stimmklanges durch entsprechende Modifikation des Ansatzrohres mit Hilfe von Lippen, Kiefer, Zunge und Gaumensegel (Boenninghaus, 1981; Schmidt - Thews, 1977).

Auf die zur exakten Stimm- und Lautbildung nötigen nervalen, neurologischen und muskulären Systeme soll hier nicht näher eingegangen werden.

Den Phoniater interessiert mit seinen diagnostischen Maßnahmen vorwiegend der Larynx und dessen Funktion, die Stimmbildung. Dabei stehen ihm eine Vielzahl von Verfahren zur Verfügung, die in Tabelle 1 ihren Funktionsprinzipien nach dargestellt sind:

Optisch:	Hochgeschwindigkeitsfilmtechnik
	Larynxfotographie (licht- und röntgenoptisch)
	Larynxstroboskopie
Akustisch:	Analyse des Sprachsignals (Zeit- und Spektralanalyse)
	Ultraschallglottographie
Aerodynamisch:	Spirometrie
	Druckmeßverfahren
	Pneumotachographie
Elektrisch:	Elektromyographie
	Elektroglottographie
	Fotoglottographie

Tab. 1: Technische Verfahren zur Untersuchung der Larynxfunktion (Klingholz, 1985)

Erläuterungen zu den genannten Verfahren finden sich bei Schultz - Coulon (1980).

Nach Klingholz (1985) dient ein Großteil der aufgeführten Verfahren nur rein wissenschaftlichen Zwecken und ist in der phoniatischen Praxis nicht einsetzbar, weil sie teilweise zu aufwendig und kompliziert sind (z.B. die Hochgeschwindigkeitsfilmtechnik) und teilweise keine wesentliche diagnostische Hilfe darstellen (z.B. die aerodynamischen Tests). Einige dieser Verfahren, wie die Ultraschallglottographie, liefern keine eindeutig verwertbaren oder interpretierbaren Ergebnisse.

Für die Praxis relevant haben sich nur einige optische (z.B. die Larynxstroboskopie) und einige akustische Verfahren (z.B. die Spektralanalyse) erwiesen. Auf diese letztgenannte Verfahrensgruppe soll im Folgenden näher eingegangen werden.

Akustische Verfahren zeichnen sich durch folgende Vorteile aus (Klingholz, 1985):

Sie sind nicht invasiv und technisch einfach durchführbar, und die erhobenen Daten sind quantitativ und weitgehend objektiv. Während der Untersuchung wird die Phonation nicht durch Meßsonden, Kanülen ect. gestört. Auch psychische Alterationen der Patienten, die zu Stimmveränderungen führen können (Williams and Stevens, 1972), treten bei diesen Untersuchungen kaum auf. Darüberhinaus sind die Methode der akustischen Analyse sowie ihre Ergebnisse gut standardisierbar.

Die Struktur des Sprachsignals setzt sich aus Merkmalen folgender Bereiche zusammen (Klingholz, 1985):

1. der Semantik
2. der Sprachtypie; hierunter versteht man die für eine Sprache, einen Dialekt oder eine soziale Formstufe typischen Merkmale (Klingholz, 1985).
3. der Artikulation
4. der Emotion und Vigilanz
5. der Larynxfunktion

Ziel der akustischen Stimmanalyse ist es, im Sprachsignal Parameter zu finden und zu untersuchen, die allein durch die Larynxfunktion determiniert werden.

Einflüsse der Semantik, der Sprachtypie, der Artikulation und der Emotion und Vigilanz sollen dabei eliminiert werden.

In Abbildung 1 wird die Klassifikation der akustischen Verfahren dargestellt.

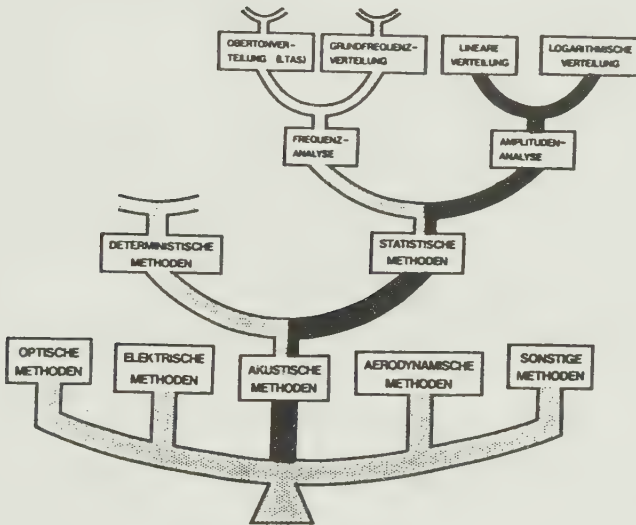


Abb. 1: Stammbaum der akustischen Verfahren

(Klingholz, 1985)

Es existieren zwei grundsätzlich verschiedene Methoden der akustischen Verfahren:

1. Deterministische Methoden: Hierbei werden Beträge und Zeitverläufe akustischer Größen (z.B. Frequenzen) gemessen, wobei ein kausaler Zusammenhang zwischen akustischen und physiologischen Merkmalen vorausgesetzt wird (Klingholz, 1985).
2. Statistische Methoden: Akustische Größen werden hierbei als im Sprachsignal zufällig auftretend betrachtet. Es werden also Verteilungen dieser Größen gemessen, wozu Langzeitmessungen an Sprachsignalen durchgeführt werden müssen (Klingholz, 1985).

Im Weiteren wenden wir uns den statistischen Methoden zu, von denen bisher nur die Obertonverteilung (z.B. Froekjaer - Jensen et al, 1974; Wendler, 1980) und die Grundfrequenzverteilung (z.B. Gubrynowicz et al, 1980; Horii, 1975; Schultz - Coulon, 1975; Wieser, 1980) im Stimmsignal genauer untersucht und veröffentlicht wurden.

Über die Amplitudenverteilung im Stimmsignal ist noch relativ wenig bekannt. Bisher durchgeführte und veröffentlichte Untersuchungen über Amplitudenverteilungen erfolgten lediglich an Gesunden und wurden auch nicht im Hinblick auf medizinische Fragestellungen vorgenommen. Niederjohn and Haworth (1983) kamen zu dem Ergebnis, daß die Unterscheidung männlicher und weiblicher Stimmen anhand des Verhältnisses aus der effektiven Amplitude zur mittleren absoluten Amplitude möglich sei. Weiss veröffentlichte 1964 eine Studie, in der er beschrieb, daß die Amplitudenverteilung, graphisch dargestellt, für Flüsterstimme und Normalstimme eine völlig unterschiedliche Form aufweise und deshalb die Unterscheidung zwischen beiden Stimmformen allein aufgrund der Amplitudenverteilung möglich sei.

Im Rahmen allgemeiner, statistischer Untersuchungen der Sprache untersuchten Dunn and White (1940), Davenport (1952) und Blomberg and Elenius (1970) unter anderem auch die Amplitudenverteilung im Sprachsignal Gesunder.

Bemerkenswert ist dabei vor allem die Arbeit von Blomberg und Elenius (1970), die die Amplitudenverteilung bei einigen Probanden anhand eines einminütigen Sprechtextes untersuchten. Es wurde dabei ein Zweispur - Tonbandgerät mit einer Übersprechdämpfung von 25 - 30 dB verwendet, wobei jede Spur einzeln zur Aufzeichnung von Probanden genutzt wurde. Sie stellten fest, daß die Amplitudenverteilung (Pegel) Gesunder eine zweigipflige Kurve mit einem ersten Peak bei ungefähr 8 dB und einem zweiten, etwa gleichgroßen Peak, bei ungefähr 38 dB ergab. Blomberg und Elenius sahen im zweiten Gipfel die Stimme des gerade untersuchten Probanden repräsentiert. Dem ersten Gipfel ordneten sie Geräusche und durch ein Übersprechen von der anderen Spur bedingte Stimmanteile eines anderen Probanden zu.

Die von uns vorgenommenen Stimmanalysen gesunder Personen (wir benutzten ein Einspur - Tonbandgerät) zeigten eine ähnliche, zweigipflige Amplitudenverteilung, wie aus Abbildung 2 hervorgeht:

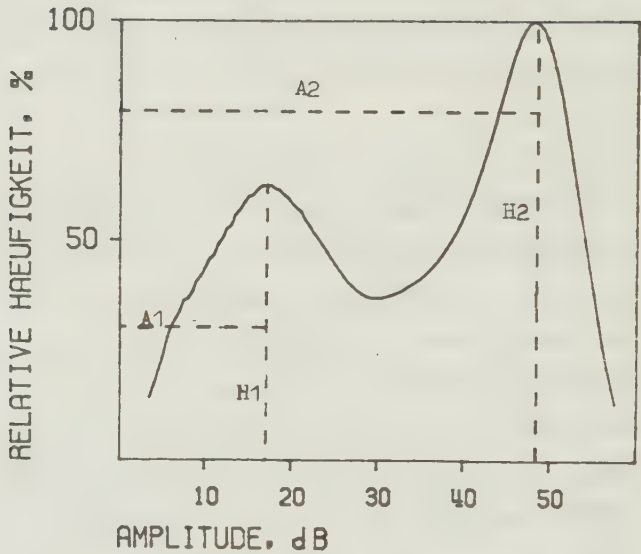


Abb. 2: Diagramm der Amplitudenverteilung einer gesunden Stimme

Abszisse: Amplitudenwerte in Dezibel (dB)

Ordinate: Relative Häufigkeit in %

Ein kleinerer Gipfel liegt bei 17 dB mit einer relativen Häufigkeit von 65 % und ein größerer bei 48 dB mit einer relativen Häufigkeit von 100 %. Da hier ein Übersprechen von einer anderen, zweiten Spur nicht in Frage kommt, müssen beide Gipfel vom gleichen Sprecher stammen, wobei der zweite den stimmhaften Lautanteilen (Vokale) und der erste den Geräuschen und stimmlosen Lautanteilen entspricht.

Weitere Analysen an laryngeal Erkrankten ergaben zudem, daß, je heiserer und tonloser die Stimme wird, eine kontinuierliche Abnahme des zweiten Peaks (Vokale) mit einer entsprechenden Zunahme des ersten Peaks (stimmlose Lautanteile) auftritt.

Die Annahme von Blomberg und Elenius, daß im ersten Peak überwiegend Amplituden durch Übersprechen von einer anderen Spur lokalisiert seien, entspricht somit nicht unseren Untersuchungen.

Die Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Verteilung der Amplituden bei gesunden Personen und bei Patienten mit verschiedenen laryngealen Krankheitsbildern zu ermitteln, einander gegenüberzustellen und auf statistisch signifikante Unterschiede zu untersuchen. Dabei sollen die Amplitudengrößen in der logarithmierten Form in Dezibel (Pegel) bestimmt und verwendet werden. Als Parameter der Amplitudenverteilung wählten wir hierzu aus (siehe Abbildung 2 auf Seite 8):

1. Die Amplitudendifferenz $A_2 - A_1$, wobei A_1 der Ort des ersten Maximums und A_2 der Ort des zweiten Maximums ist.
2. Den Häufigkeitsquotienten der beiden Amplitudenmaxima H_1/H_2 .

2. Methode

2.1. Versuchsaufbau

Abbildung 3 zeigt, unter welchen Bedingungen die zu analysierenden Signale gewonnen wurden:

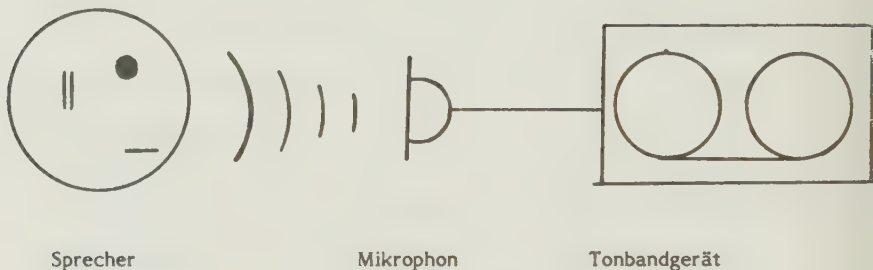


Abb. 3: Versuchsaufbau

Die Probanden wurden angewiesen, in normaler Lautstärke einen standardisierten Text (siehe Anhang 1) deutlich vorzulesen und dabei in ein dreißig Zentimeter entferntes Mikrophon zu sprechen. Die Aufzeichnungen erfolgten auf ein mit 9,5 cm/sec. laufendes Uher Tonbandgerät "4000 Report Monitor" mit dem Uher "Electret Kondensatormikrophon Typ M 646 HIPI" in einem schallisolierten Raum mit "Wohnzimmerakustik".

2.2. Probanden

2.2.a. Auswahl der Probanden

Als Probanden wurden nur deutschsprachige Personen herangezogen. Die Altersverteilung lag zwischen dreißig und fünfzig Jahren. Die als gesund angenommenen Personen wurden erst nach einer kompletten HNO - Spiegeluntersuchung, die laryngeale und andere Erkrankungen im HNO - Bereich ausschließen sollte, zur Tonbandaufnahme zugelassen. Die Probanden mit pathologischem Larynxbefund unterzogen wir ebenfalls kurz vor oder nach der Tonbandaufzeichnung einer Larynxspiegelung und stroboskopischen Untersuchung zur aktuellen Befunddokumentation.

2.2.b. Probandengruppen

Aus den von uns ausgewählten zwanzig gesunden und dreiunddreißig kranken Probanden bildeten wir folgende sechs Gruppen:

Gruppe A: 20 gesunde Personen

Gruppe B: 12 Patienten mit Massenzunahme an den Stimmlippen

Gruppe C: 5 Patienten mit hypofunktioneller Dysphonie und Internusschwäche

Gruppe D: 7 Patienten mit hyperfunktioneller Dysphonie

Gruppe E: 9 Patienten mit Vagus- und Recurrensparesen

Gruppe F: 33 Patienten aus Gruppe B, C, D und E zusammengefaßt

Tab. 2: Probandengruppen

In Gruppe A nahmen wir zehn gesunde Frauen und zehn gesunde Männer auf, und auch in den übrigen Gruppen fanden sich jeweils zur Hälfte etwa Frauen und Männer.

In Gruppe B wurden zwölf Krankheitsbilder mit Massenvermehrung an den Stimmlippen vereinigt, wobei aber kein Unterschied zwischen malignen und benignen Veränderungen gemacht wurde.

Fünf hypofunktionelle Dysphonien und Internusschwächen wurden in Gruppe C zusammengefaßt, da beide Krankheitsbilder das gleiche "laryngeale Merkmal" (Klingholz, 1985) bieten - die wenig gespannten, schlaffen Stimmlippen.

Gruppe D bestand aus sieben Patienten mit jeweils einer Dysphonie auf rein hyperfunktioneller Basis.

In Gruppe E wurden neun Vagus- und Recurrensparesen aufgenommen, da der Ausfall sowohl des Nervus Vagus als auch des Nervus Recurrens zu einer vollständigen Lähmung des ipsilateralen Stimmbandes führt.

In Gruppe F faßten wir alle dreiunddreißig laryngeal Erkrankten zusammen.

2.2.c. Vergleichspaare

Aus den unter 2.2.b. genannten ersten fünf Probandengruppen stellten wir fünf Vergleichspaare zusammen:

Vergleichspaar 1: Gruppe A - Gruppe B

Vergleichspaar 2: Gruppe A - Gruppe E

Vergleichspaar 3: Gruppe A - Gruppe C

Vergleichspaar 4: Gruppe A - Gruppe D

Vergleichspaar 5: Gruppe C - Gruppe D

Tab. 3: Vergleichspaare

Die Gruppen jedes Paares wollten wir hinsichtlich Amplitudendifferenz und Häufigkeitsquotient auf statistisch signifikante Unterschiede untersuchen.

2.3. Auswertung

Abbildung 4 zeigt die Geräteanordnung bei der Versuchsauswertung:

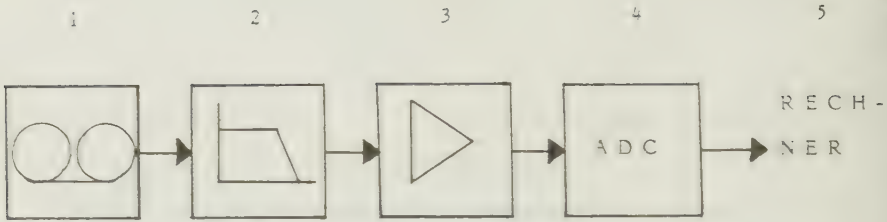


Abb. 4: Geräteschaltung bei der Versuchsauswertung

1. Tonbandgerät: Uher Tonbandgerät "4000 Report Monitor"

Hiermit wurden die Probandentexte abgespielt (9,5 cm/sec.).

2. Tiefpaßfilter: Audio frequency filter, F - J Electronics

APS, 3 rd order Butterworth active filter,

roll - off of 18 dB/octave

Es wurde mit einer oberen Grenzfrequenz für Frauen von 220 Hz und einer oberen Grenzfrequenz für Männer von 120 Hz gearbeitet. Die Tiefpaßfilterung ist notwendig, da ohne sie die Form der Amplitudenverteilung von der gewählten Abtastrate und der mittleren Grundfrequenz des Probanden abhängen würde. Abbildung 5 zeigt die Abhängigkeit der Verteilungsparameter "Amplitudendifferenz" und "Häufigkeitsquotient" von der oberen Grenzfrequenz ($\tau = \frac{1}{F_{Gr}}$) des Filters. Hier zeigt sich, daß beide Verteilungsparameter kaum von der oberen Grenzfrequenz des Filters abhängen, wenn diese im Bereich der mittleren Sprechstimmlage (Schwankungsbereich der Grundfrequenz) liegt (Klingholz, 1985).

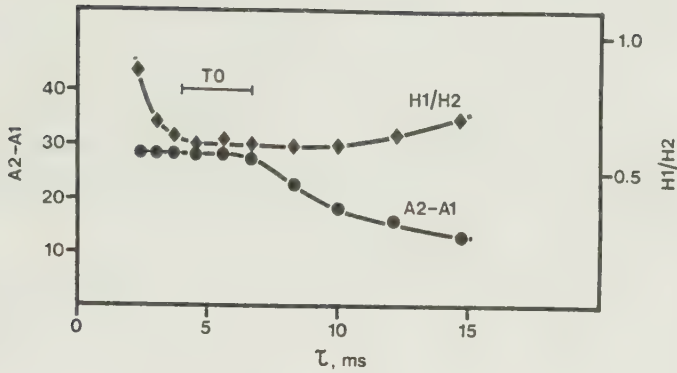


Abb. 5: Abhängigkeit der Verteilungsparameter

"Amplitudendifferenz A2 - A1" und "Häufigkeitsquotient H1/H2" von der oberen

Grenzfrequenz des Filters $\tau = \frac{1}{F_{Gr}}$
(F_{Gr} : Obere Grenzfrequenz des Filters)

(Klingholz, 1985)

3. NF - Verstärker:

Dieser ist nötig zur Aussteuerung des Dynamikbereichs des ADC
(5 V).

4. ADC = Analog - Digital - Wandler: Firma Johnes und Reilhofer

Hiermit werden die kontinuierlichen, d.h. analogen Amplituden in diskrete Amplitudenwerte umgewandelt.

5. Rechner: Data Nova 4

Bei der Auswertung wurde mit einer Abtastrate von 1560 Hz und einer Signalaufnahmedauer von 70 Sekunden gearbeitet. Das dazu verwendete Programm ist im Anhang 2 wiedergegeben.

Die am Ende einer Probandenauswertung auf dem Bildschirm erscheinende Amplitudenverteilung wurde als Diagramm und Tabelle für jeden Probanden einzeln ausgedruckt und gesammelt.

3. Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in Absatz 3.1. graphisch und tabellarisch vorgestellt und im Absatz 3.2. erläutert und statistisch bewertet.

3.1. Graphiken, Tabellen, Histogramme

3.1.a. Graphische Darstellung der Amplitudenverteilungen

In Abbildung 6 a - 6 e wird die Amplitudenverteilung in den Gruppen A - E aufgezeigt.

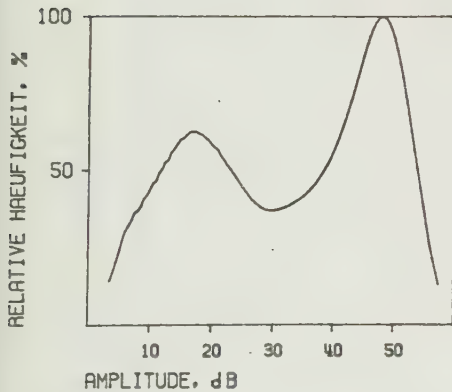


Abb. 6a: Amplitudenverteilung der
gesunden Probanden
(Gruppe A)

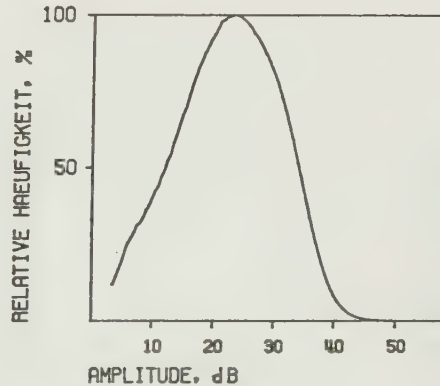


Abb. 6b: Amplitudenverteilung der
Patienten mit Massenzunahme an
den Stimmbändern
(Gruppe B)

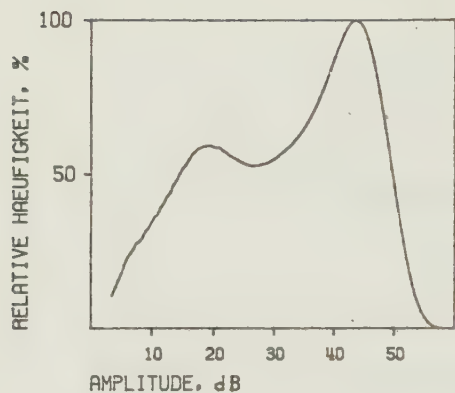


Abb. 6c: Amplitudenverteilung der Patienten mit hypofunktioneller Dysphonie/Internusschwäche
(Gruppe C)

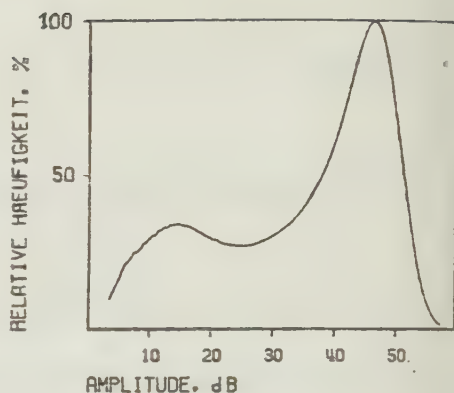


Abb. 6d: Amplitudenverteilung der Patienten mit hyperfunktioneller Dysphonie
(Gruppe D)

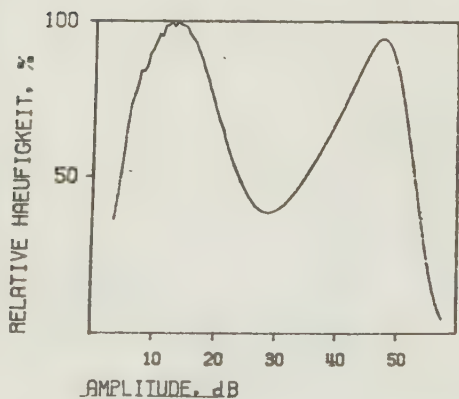


Abb. 6e: Amplitudenverteilung der Patienten mit Vagus- und Recurrensparesen
(Gruppe E)

3.1.b. Tabellen der Einzelwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen
der Parameter "Amplitudendifferenz" und "Häufigkeitsquotient"

In Tabelle 4 sind von Gruppe A - F die ermittelten Einzelwerte des Parameters "Amplitudendifferenz" mit ihren zugehörigen Mittelwerten und Standardabweichungen aufgeführt.

Amplitudendifferenz A2 - A1:

Zahl	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gruppe E	Gruppe F
1	26,5	1,0	18,0	27,0	21,0	Gruppe B
2	28,0	19,5	24,0	29,0	22,5	+Gruppe C
3	28,5	24,5	30,5	31,5	25,0	+Gruppe D
4	28,5	29,0	30,5	32,5	29,0	+Gruppe E
5	29,5	30,0	35,5	33,5	29,5	
6	29,5	31,0		33,5	30,0	
7	29,5	32,0			30,0	
8	29,5	32,0			32,5	
9	30,0	32,5			33,0	
10	30,0	32,5				
11	30,5	34,5				
12	30,5	38,0				
13	31,0					
14	31,0					
15	31,0					
16	32,5					
17	32,5					
18	33,0					
19	34,0					
20	35,0					
$\bar{m}$	30,52	28,08	27,7	31,16	28,05	28,59
s	$\pm 2,08$	$\pm 9,78$	$\pm 6,78$	$\pm 2,63$	$\pm 4,2$	$\pm 6,87$

Tab. 4: Einzelwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen des Parameters "Amplitudendifferenz"

In Tabelle 5 sind von Gruppe A - F die ermittelten Einzelwerte des Parameters "Häufigkeitsquotient" mit ihren zugehörigen Mittelwerten und Standardabweichungen aufgeführt.

Häufigkeitsquotient H1/H2:

Zahl	Gruppe A	Gruppe B	Gruppe C	Gruppe D	Gruppe E	Gruppe F
1	0,52	0,64	0,58	0,33	0,59	Gruppe B
2	0,52	0,70	0,59	0,34	0,70	Gruppe C
3	0,53	0,72	0,67	0,44	0,72	Gruppe D
4	0,53	0,75	1,00	0,49	0,75	Gruppe E
5	0,54	0,78	1,12	0,49	0,89	
6	0,55	0,79		0,56	1,04	
7	0,55	0,85			1,10	
8	0,56	0,95			1,58	
9	0,58	0,98			1,63	
10	0,59	1,02				
11	0,60	1,09				
12	0,61	2,32				
13	0,62					
14	0,63					
15	0,63					
16	0,65					
17	0,67					
18	0,68					
19	0,68					
20	0,69					
$\bar{m}$	0,59	0,96	0,79	0,44	1,00	0,85
s	$\pm 0,058$	$\pm 0,448$	$\pm 0,251$	$\pm 0,09$	$\pm 0,38$	$\pm 0,403$

Tab. 5: Einzelwerte, Mittelwerte und Standardabweichungen des Parameters "Häufigkeitsquotient"

3.1.c. Histogramme der Amplitudendifferenzen und Häufigkeitsquotienten

In den Abbildungen 7 und 8 (siehe Seite 22 und 23) sind zwei Histogramme angegeben; im Histogramm 1 ist der Parameter "Amplitudendifferenz $A_2 - A_1$ " aller Kranken und Gesunden und in Histogramm 2 der Parameter "Häufigkeitsquotient H_1/H_2 " aller Kranken und Gesunden dargestellt,

Amplitudendifferenz A2 - A1

Klassenbreite: 1 dB

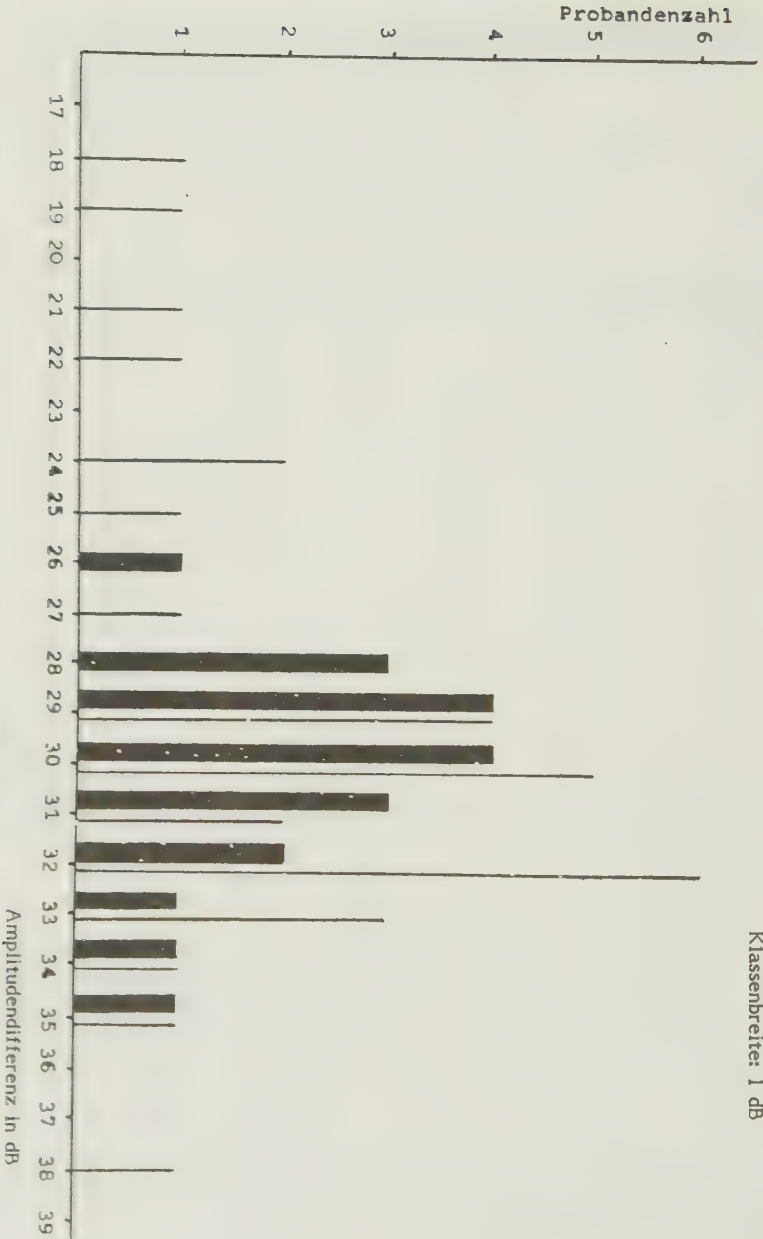


Abb. 7: Histogramm 1

Gruppe A:



Gruppe B:



Häufigkeitsquotient $H1/H2$

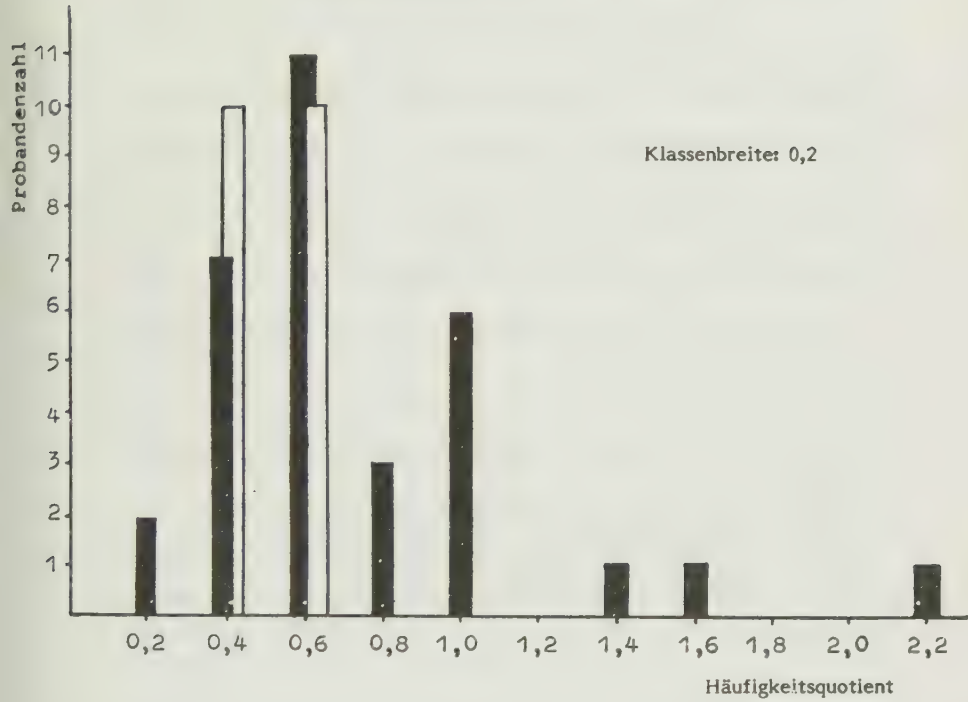
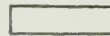


Abb. 8: Histogramm 2

Gruppe A:



Gruppe F:



3.2. Erläuterungen und Statistik

Zu Tabelle 4: Amplitudendifferenz (s. Seite 19):

Tabelle 4 zeigt, daß die Mittelwerte der Amplitudendifferenzen aller sechs Gruppen innerhalb eines sehr engen Bereichs von 27,7 - 31,16 dB liegen. Die Streuungen der Einzelwerte innerhalb jeder Gruppe sind z.T. erheblich (z.B.: $s = \pm 6,87$ dB in Gruppe F). Zum Beispiel beträgt der Mittelwertsunterschied der Gruppe A und der Gruppe F nur 2 dB bei einer Streuung von $s = \pm 6,8$ dB bei Gruppe F und von $s = \pm 2,08$ dB bei Gruppe A. Dies bedeutet, daß die Einzelwerte beider Gruppen sich nahezu überlagern. Ähnlich verhalten sich auch die Mittelwerte der anderen Gruppen zueinander.

Es wurden nun statistische Tests zwischen den einzelnen Gruppen durchgeführt, die ermitteln sollten, ob signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Mittelwerten der Amplitudendifferenzen vorhanden sind. Hierzu wurde ein Rangtest, der U - Test nach Wilcoxon (Moll und Reinders, 1980), verwendet. Die Mittelwerte folgender Gruppen wurden dabei verglichen:

- Gruppe A - Gruppe B: Kein signifikanter Unterschied
- Gruppe A - Gruppe D: Kein signifikanter Unterschied
- Gruppe A - Gruppe C: Kein signifikanter Unterschied
- Gruppe C - Gruppe D: Kein signifikanter Unterschied
- Gruppe A - Gruppe E: Signifikanter Unterschied auf 10 % - Niveau

Tab. 6: Ergebnisse des statistischen Vergleichs der Mittelwerte der Amplitudendifferenzen

Es fand sich nur ein Unterschied zwischen den Mittelwerten des Vergleichspaares Gruppe A zu Gruppe E, allerdings auf dem 10% - Niveau. Zwischen den Mittelwerten aller übrigen Vergleichspaare war kein signifikanter Unterschied zu finden.

Zu Tabelle 5: Häufigkeitsquotient (s. Seite 20):

Tabelle 5 zeigt, daß die Mittelwerte der Häufigkeitsquotienten von Gruppe A - F große Unterschiede bei niedrigen Streubreiten aufweisen. Beispielsweise liegt der Mittelwert der Gruppe A bei $0,59 \pm 0,06$ und der Mittelwert der Gruppe E bei $1,00 \pm 0,38$. Die Einzelwerte dieses Vergleichspaares überschneiden sich danach kaum. Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei den anderen vier Vergleichspaaren vor. Bei der statistischen Auswertung, wobei wieder der U - Test nach Wilcoxon angewandt wurde, zeigten sich nun folgende Ergebnisse:

- Gruppe A - Gruppe B: Signifikanter Unterschied auf 0,1 % - Niveau
- Gruppe A - Gruppe E: Signifikanter Unterschied auf 0,1 % - Niveau
- Gruppe A - Gruppe D: Signifikanter Unterschied auf 0,1 % - Niveau
- Gruppe C - Gruppe D: Signifikanter Unterschied auf 0,5 % - Niveau
- Gruppe A - Gruppe C: Signifikanter Unterschied auf 10 % - Niveau

Tab. 7: Ergebnisse des statistischen Vergleichs der Mittelwerte der Häufigkeitsquotienten

Die Mittelwerte der Häufigkeitsquotienten innerhalb der Vergleichspaare von Gruppe A und Gruppe B, Gruppe A und Gruppe E

sowie Gruppe A und Gruppe D wiesen signifikante Unterschiede mit einer sehr geringen Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,1 % auf. Ähnlich lagen auch die Verhältnisse im Vergleichspaar Gruppe C und Gruppe D, wobei die Irrtumswahrscheinlichkeit hier jedoch mit 0,5 % etwas höher lag. Mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10 % bestand auch zwischen den Mittelwerten der Gruppe A und der Gruppe C ein signifikanter Unterschied.

Zu Abbildung 7: Histogramm 1 - Amplitudendifferenzen $A_2 - A_1$

(s. Seite 22):

Aus der graphischen Gegenüberstellung der Amplitudendifferenzen von Gruppe A (alle Gesunden zusammengekommen) und Gruppe F (alle Kranken zusammengekommen), läßt sich die relativ enge Verteilung Gesunder um ein Maximum bei 29,5 dB erkennen, der eine weitaus größere Streuung der Werte Kranker mit drei Peaks bei 24 dB, 30 dB und bei 32 dB gegenübersteht. Eine graphische Trennung beider Gruppen ist deshalb nicht möglich.

Zu Abbildung 8: Histogramm 2 - Häufigkeitsquotienten H_1/H_2

(s. Seite 23):

Das Histogramm der Verteilung der Häufigkeitsquotienten von Gruppe A (alle Gesunden zusammengekommen) und von Gruppe F (alle Kranken zusammengekommen) zeigt eine Konzentration aller Gesunden bei 0,4 - 0,6, während die Werte Kranker eine breite Streuung mit zwei Peaks bei 0,6 und 1,0 aufweisen.

Auch hier ist eine Überlagerung der Einzelwerte beider Gruppen festzustellen, die eine graphische Trennung von Gruppe A und Gruppe F ebenfalls unmöglich macht.

4. Diskussion

4.1. Wertung der Ergebnisse

Anhand der statistischen Ergebnisse erscheint die Amplitudendifferenz A2 - A1 als kein geeigneter Parameter zur Differenzierung der Gruppen in den getesteten Vergleichspaaren, da sich in keinem Paar ein akzeptabler, signifikanter Unterschied finden ließ. Der Unterschied in den Mittelwerten zwischen Patienten mit Vagus- und Recurrensparesen gegenüber gesunden Probanden ist mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 10 % nicht signifikant genug, als daß er in der Praxis verwertbar wäre. Effektiver zeigt sich dagegen der Parameter "Häufigkeitsquotient". Die Unterscheidung der Probandengruppen:

- Gesunde - Patienten mit Massenzunahme an den Stimmlippen
- Gesunde - Patienten mit Vagus- und Recurrensparesen
- Gesunde - Patienten mit hyperfunktioneller Dysphonie

ist anhand dieses Parameters mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von nur 0,1 % sehr gut möglich. Auch die Differentialdiagnose der Gruppe mit hyperfunktioneller Dysphonie gegenüber der Gruppe mit hypofunktioneller Dysphonie/Internusschwäche erweist sich durch die Bestimmung des Häufigkeitsquotienten als gut möglich. Die hierbei auftretende, etwas höhere Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,5 % fällt dabei nicht ins Gewicht. Untauglich ist jedoch auch dieser Parameter zur Unterscheidung von gesunden Probanden und Patienten mit hypofunktioneller Dysphonie/Internusschwäche, da hierbei die Grenze der statistischen Akzeptanz mit 10 % Fehlerwahrscheinlichkeit überschritten wird.

4.2. Wertung des Verfahrens

Um eine Beurteilung des Verfahrens hinsichtlich seines Einsatzes in der phoniatischen Diagnostik abgeben zu können, sollen seine Vor- und Nachteile hier gegenübergestellt werden:

Die akustische Stimmanalyse ist eine der am einfachsten durchzuführenden Untersuchungen in der Phoniatrie, da sie weder viel Zeit für den Arzt noch für den Patienten in Anspruch nimmt und der Patient bei der Untersuchung nicht belästigt wird (Nichtinvasivität des Verfahrens). Psychisch bedingte Alterationen der Stimme, Sprachtypie, Semantik und Artikulation werden dabei abstrahiert, um allein die interessierende Larynxfunktion untersuchen zu können. Gegenüber der Methode der Frequenzanalyse besteht bei der Bestimmung der Amplitudenverteilung der Vorzug, auch stark alterierte Stimmen noch untersuchen zu können (Klingholz, 1985). Erwähnt werden soll auch die leichte und schnelle Erlernbarkeit der akustischen Stimmanalyse.

Nachteile des vorgestellten Verfahrens sind jedoch darin zu sehen, daß hiermit keine krankheitsspezifische Diagnostik wie z.B. die Diagnose eines Stimmbandkarzinoms oder eines Reinkeödems möglich ist, sondern nur die Erkennung eines "laryngealen Merkmals" ermöglicht wird (Klingholz 1985).

Hervorgerufen werden kann ein "laryngeales Merkmal" aber durch verschiedene Krankheiten; z.B. in der Gruppe der Vagus- und Recurrensparesen stellt ein unbewegliches Stimmband das "laryngeale Merkmal" dar, was neurologische, nervale, muskuläre und tumoröse Krankheiten als Ursachen haben kann. Eine Unterscheidung der genannten Krankheitsursachen mit Hilfe des vorgeführten Verfahrens ist aber nicht möglich, so daß diese einer weiterführenden Diagnostik vorbehalten bleibt. Zudem ist das Verfahren der akustischen Stimmanalyse sehr aufwendig und kostspielig, da hierzu ein Computer benötigt wird, der in der Regel nur in größeren Kliniken zur Verfügung steht.

Die akustische Analyse der Amplitudenverteilung könnte als Screening - Methode bei laryngealen Erkrankungen ihren Einsatz finden, insbesondere, wenn Anamnese und weitere, eventuell vorausgegangene Untersuchungen auch anderer Fachrichtungen eine der drei folgenden Verdachtsdiagnosen ergeben haben:

1. Massenvermehrung an den Stimmbändern (z.B. Raucheranamnese; seit längerem bestehende Heiserkeit)
2. Hyperfunktionelle Dysphonie (z.B. Redner- und Sängerberuf in der Anamnese)
3. Vagus- und Recurrensparese (z.B. bei Z.n. Strumektomie; bei bekannter Struma maligna)

Weiterhin bestünde auch die Möglichkeit, mit dem genannten Verfahren zwischen einer hypofunktionellen Dysphonie/Internusschwäche und einer

hyperfunktionellen Dysphonie zu unterscheiden, was bei heiseren Patienten mit chronischer Stimmüberlastung (z.B. Lehrer, Politiker) eine große Hilfe darstellt, weil die therapeutischen Konsequenzen bei einer hypofunktionellen Dysphonie/Internusschwäche und einer hyperfunktionellen Dysphonie jeweils andere sind (Becker - Naumann - Pfaltz, 1983).

Weitere diagnostische, eventuell invasivere Verfahren sollen unserer Meinung nach der akustischen Stimmanalyse angeschlossen werden, um eine Verdachtsdiagnose, die mit Hilfe dieser Untersuchung erhoben wurde, weiter abzuklären.

Das Verfahren stellt eine Bereicherung der diagnostischen Möglichkeiten in der Phoniatrie dar, nicht zuletzt wegen seiner einfachen Durchführbarkeit gegenüber den sonst üblichen, den Patienten relativ stark belastigenden Untersuchungsverfahren.

Auf dem Sektor der Forschung wäre es sicher eine wertvolle Weiterführung der vorliegenden Untersuchungen, wenn die Parameter der Amplitudenverteilung mit denen anderer statistischer Verteilungen (Grundfrequenz, Obertöne) kombiniert würden. Bei einem solchen Vorgehen würde man mit den Verteilungsparametern einen dreidimensionalen Raum aufspannen, in dem die Krankheitsbilder Cluster bilden könnten. Als Koordinatenachsen des Raumes könnte man in X - Richtung den Häufigkeitsquotienten der Amplitudenverteilung, in Y -Richtung den Exzeß der Grundfrequenzverteilung und in Z - Richtung das spektrale Intensitätsverhältnis der LTAS - Analyse (Frøekjaer - Jensen et al, 1974) wählen.

Es wäre die Aufgabe weiterer Untersuchungen, zu prüfen, inwieweit sich die Diagnostik laryngealer Erkrankungen mit Hilfe der akustischen Stimmanalyse durch eine Kombination der drei oben genannten Parameter noch weiter ausbauen ließe.

5. Zusammenfassung

Anhand von insgesamt dreiunddreißig Patienten aus der HNO - Ambulanz des Klinikums Großhadern, die verschiedene laryngeale Krankheitsbilder aufwiesen, und zwanzig gesunden Personen untersuchten wir, inwieweit die Verteilung der Amplituden (Pegel) im Stimmsignal zur Diagnose und Differentialdiagnose verschiedener Krankheitsbilder im Larynxbereich herangezogen werden kann. Es wurden hierzu folgende sechs Gruppen gebildet:

- Gruppe A: 20 gesunde Probanden
- Gruppe B: 12 Patienten mit Massenzunahme an den Stimmlippen
- Gruppe C: 5 Patienten mit hypofunktioneller Dysphonie/Internusschwäche
- Gruppe D: 7 Patienten mit hyperfunktioneller Dysphonie
- Gruppe E: 9 Patienten mit Vagus- und Recurrensparesen
- Gruppe F: 33 Patienten aus Gruppe B, C, D und E zusammengefaßt

Als Parameter der Amplitudenverteilung wählten wir die Amplitudendifferenz $A_2 - A_1$ und den Häufigkeitsquotienten H_1/H_2 der beiden Maxima.

Nach der Bestimmung der Mittelwerte und Standardabweichungen für beide Parameter in jeder Gruppe bildeten wir aus den erwähnten Gruppen fünf Vergleichspaare:

Vergleichspaar 1: 20 gesunde Probanden - 12 Patienten mit Massenzunahme an den Stimmlippen

Vergleichspaar 2: 20 gesunde Probanden - 9 Patienten mit Vagus- und Recurrensparesen

Vergleichspaar 3: 20 gesunde Probanden - 5 Patienten mit hypofunktioneller Dysphonie/Internusschwäche

Vergleichspaar 4: 20 gesunde Probanden - 7 Patienten mit hyperfunktioneller Dysphonie

Vergleichspaar 5: 5 Patienten mit hypofunktioneller Dysphonie/Internusschwäche - 7 Patienten mit hyperfunktioneller Dysphonie

Mit dem U - Rangtest nach Wilcoxon untersuchten wir beide Parameter auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen jedes Vergleichspaares. Es stellte sich heraus, daß der Parameter "Amplitudendifferenz" zur Unterscheidung der verschiedenen Gruppen nicht herangezogen werden kann. Der Parameter "Häufigkeitsquotient" hingegen wies statistisch signifikante Unterschiede mit einer nur geringen Fehlerwahrscheinlichkeit von jeweils 0,1 % für die Vergleichspaare 1, 2 und 4, von 0,5 % für das Vergleichspaar 5 sowie von 10 % für das Vergleichspaar 3 auf. Dieser Parameter erwies sich also zur Unterscheidung der untersuchten Gruppen als tauglich.

Die Bestimmung des Parameters "Häufigkeitsquotient" der Amplitudenverteilung mit Hilfe der akustischen Stimmanalyse wäre in der phoniatischen Diagnostik vor allem als Screening - Methode vor dem Einsatz invasiverer Verfahren zu überlegen,

wenn der Verdacht auf eine Massenvermehrung an den Stimmlippen, eine hyperfunktionelle Dysphonie oder eine Stimmbandlähmung besteht.

Auf dem Sektor der Forschung sollte eine weitere Studie den Parameter "Häufigkeitsquotient" der Amplitudenverteilung mit den Parametern anderer statistischer Verteilungen im Stimmsignal wie der Oberton- und der Grundfrequenzverteilung kombinieren und untersuchen, ob sich, durch eine entsprechende Kombination dieser drei Parameter, die Diagnostik laryngealer Erkrankungen anhand der akustischen Stimmanalyse noch weiter verbessern ließe.

6. Literaturverzeichnis

1. Becker, W.; Naumann, H. H.; Pfaltz, C. R.:
Hals - Nasen - Ohrenheilkunde.
Stuttgart, New York: Thieme (1983): S. 581 - 590.
2. Blomberg, M. and Elenius, K.:
Statistical analysis of speech signals.
STL - QPSR 4 (1970): S. 1 - 8.
3. Boenninghaus, H. - G.:
Hals - Nasen - Ohrenheilkunde.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer (1980): S. 332 - 343.
4. Davenport, W. B.:
An experimental study of speech - wave probability distributions.
J. Acoust. Soc. Am. 24 (1952): S. 390 - 399.
5. Delank, H. - W.:
Neurologie.
Stuttgart: Enke (1981).
6. Dunn, K. H. and White, S. D.:
Statistical measurements on conversational speech.
J. Acoust. Soc. Am. 11 (1940): S. 278 - 288.
7. Froekjaer - Jensen, B. and Prytz, S.:
Evaluation of speech disorders by means of long - time
average - spectra.
Aripuc 8 (1974): S. 227 - 237.

8. Gubrynowicz, R., Mikiel, W. and Zarnecki, P.:
An acoustical method for the evaluation of the state of
larynx source in cases involving pathological changes in
the vocal folds.
Arch. Acoustics 5 (1980): S. 3 - 30.
9. Herold, G.:
Innere Medizin. Eine vorlesungsorientierte Darstellung.
Köln: AKU - Fotodruck (1982/83): S. 168 - 170.
10. Horii, Y.:
Some statistical characteristics of voice fundamental frequency.
J. Speech Hear. Res. 18 (1975): S. 192 - 201.
11. Klingholz, F.:
Die akustische Analyse der pathologischen Stimme.
Habilitationsschrift, Ludwig - Maximilians - Universität,
München (1985).
12. Moll, E.; Reinders, Chr.:
Begleitheft zu den Übungen in Biomathematik.
Abteilung für Nuklearmedizin der Universität Würzburg
(1980): S. 67 - 70.
13. Niederjohn, R. J. and Haworth, D. G.:
The relationship between rms level and the average absolute
magnitude of long - time continuous speech.
J. Acoust. Soc. Am. (1983): S. 444 - 446.

14. Schmidt, R. F.; Thews, G.:

Physiologie des Menschen.

Berlin, Heidelberg, New York: Springer (1977): S. 281 - 286.

15. Schultz - Coulon, H. J.:

Grundtonanalyse - ein Beitrag zur objektiven Beurteilung der Sprech- und Singstimme.

HNO 23 (1975): S. 218 - 225.

16. Schultz - Coulon, H. J.:

Die Diagnostik der gestörten Stimme.

Arch. Otorhinolaryngol. 227 (1980): S. 1 - 169.

17. Weiss, W.:

Statistische Untersuchungen an Sprachschwingungen.

Nachrichtentech. Z. 17 (1954): S. 339 - 348.

18. Wendler, J., Doherty, E. T. and Hollien, H.:

Voice classification by means of long - time - speech - spectra.

Folia phoniat. 32 (1980): S. 1 - 60.

19. Wieser, M.:

The long - term period measurements, an instrumental method in phoniatry.

Arch. Otorhinolaryngol. 226 (1980): S. 63 - 72.

20. Williams, C. E. and Stevens, K. N.:

Emotions and speech: Some acoustical correlates.

J. Acoust. Soc. Am. 52 (1972): S. 1238 - 1250.

7. Anhang

7.1. Anhang 1: Lesetext

Nervös rutschen die Kleinen auf ihren Sesseln hin und her, springen auf vor lauter Aufregung und rufen dem Kasperl etwas zu. Während spannender Szenen kauern sich die jungen Zuschauer hilfeschend an die Betreuerin. Momentaufnahmen einer Vorstellung der "kleinen kasperlbühne".

Die Situation im Theater ist einfach ganz anders. Live sitzen die jungen Gäste vor einer Bühne und erleben das Geschehen direkt mit. Staunende Kinderaugen verfolgen die guten Taten des Kasperls und seiner Helfer und den Kampf gegen die bösen Räuber und das große Krokodil. Da wandert auch schon mal ein Daumen in den vor Aufregung geöffneten Mund.

Für die Kleinen scheint es direkt außergewöhnlich zu sein, einmal nicht vor dem heimischen Fernseher zu sitzen, sondern vor einem richtig schönen alten Kasperltheater. Das Stimmungsbild auf der Bühne wechselt immer wieder: Einmal eine turbulente Szene, bei der vor lauter Gebrüll der kleinen Zuschauer die Stimme des Kasperls fast nicht mehr zu hören ist, dann ist wieder alles ruhig und die Kinder konzentrieren sich mehr auf das Bühnenbild, um den Inhalt genauer verfolgen zu können.

E. T. ist out, Kasperl ist in. Oder besser, das Puppentheater wird wieder mehr geschätzt. "die kleine kasperlbühne" ist zwar das einzige Ensemble in München, das noch mit Kasperl und Gretel arbeitet, dies bedeutet aber nicht, daß die Geschichten deswegen altmodisch sein müssen.

Liselotte und Lutz Bothe und Karin Brinkhoff-Maurer stellen dies unter Beweis. Liselotte schreibt die Stücke alle selbst. Eigentlich ist sie ausgebildete Erzieherin und versteht es daher bestens, pädagogische und lerntechnische Schwerpunkte zu setzen. Gewalt, Mord und Schlägereien lehnt die Kasperlmami, wie sie sich selber so treffend bezeichnet, strikt ab: "Bei uns wird auch das böse Krokodil nicht erschlagen. Nur die Räuber untereinander dürfen sich prügeln, damit man sieht, daß sie uneins sind und somit der Kasperl eine Chance hat."

Aber der Kasperl ist nicht immer der große Held. Er läßt sich gerne von den Kindern und der Gretel helfen. Die Hilfestellung der Gretel, so meint Frau Bothe, führe die Kinder schon darauf hin, daß eine Frau nicht im Hintergrund steht. Auch die Stimme des Kasperls ist bewußt eine weibliche. Frauenstimmen klingen jugendlicher und sind daher den Kindern näher, als eine herbe, erwachsene Männerstimme, erklärt die Kasperlmami.

Liselotte Bothe formuliert ihre Texte genau passend für die verschiedenen Altersgruppen.

"Es muß einfach die Sprache der Kinder sein, sonst fühlen sie sich nicht angesprochen." Deshalb werden die Stücke auch immer wieder überarbeitet und mit aktuellen Ausdrücken auf den neuesten Stand gebracht.

"die kleine kasperlbühne" hat ein Repertoire von vierzehn Theaterstücken, darunter spezielle Weihnachts- und Faschingsgeschichten. Nach jeder "Saison" werden die gespielten Stücke dann vier Jahre "auf Eis" gelegt. Diese Methode ist recht erfolgreich, denn die Puppenspieler haben regelrecht ein Stammpublikum für sich begeistert. Ein Problem bringt dies natürlich mit sich: Wo bleiben die Kulissen während der langen Zeit? Sie sind zu wertvoll, als daß man sie ausrangieren könnte. Die Bothes haben dafür fünf Keller, vier Speicher und zwei Garagen angemietet. Das reicht gerade aus, denn die aktuellen Requisiten müssen schließlich auch jederzeit zur Verfügung stehen.

Das geht natürlich ziemlich ins Geld. Die Kasperlbühne macht per Saldo keinen Gewinn. Die Ausgaben für Mikrophone, Tonband, Lautsprecher und Beleuchtung sind immens. Ein großes Auto ist unerläßlich. Alles, was nur irgend möglich ist, basteln die Bothes unter Mithilfe von Uta Behne ohnehin selbst: Da ist die Bühne, die vorne mit Samt bespannt ist, die Vorhänge, die Rückwände und die Bühnenausstattung - und selbstverständlich die Puppen. Die Köpfe und die Kleidung, alles ist selbst entworfen, geformt und genäht.

Das Puppentheater war schon immer ein Hobby von Liselotte Bothe. Ihre Zulassungsarbeit als Pädagogin hatte dieses Thema. Sie schrieb ihrem kleinen Sohn zum Geburtstag immer ein kleines Theaterstück, und die Nachbarkinder wurden zum Spiel der Bothe-Eltern eingeladen. Die Bühne bildete ein Leintuch, das mit einer Stange zwischen die Türstöcke gespannt war. Die Kinder waren jedesmal so begeistert, daß aus dem "Türstocktheater" sich ein richtiges Theater entwickelte.

"die kleine kasperlbühne" besteht jetzt seit sieben Jahren. Sie spielt hauptsächlich in Jugendheimen des Kreisjugendringes, in Kindergärten und bei Stadtteilwochen.

"die kleine kasperlbühne" möchte Kindern Theater genauso gut anbieten, wie es Erwachsene erleben können. Lutz Bothe spielt gerne ein wenig mit der Technik: Ein Gespenst schwebt durch den Zuschauerraum, eine Hexe reitet auf ihrem Besen rund um die Bühne, Geräusche sorgen für die entsprechende Atmosphäre.

Es muß nicht immer Kino sein. Der Leinwand können Kinder nichts zurufen - und sie antwortet auch nicht. Die Puppen dagegen erwarten sogar die Unterstützung der Kinder.

Steffi Hofmann

7.2. Anhang 2: Computerprogramm

```

C      +++  AVLOG.FR  +++
C      Ermittlung der Verteilung der logarithmierten Amplituden
C
COMMON/COMIO/IKO,IKE,IIN,IOUT,ICH
DIMENSION X(256),H(120),NFILE(7),NAME(60),NDIA(60)

C      IKO=10
C      IKE=11
C      IOUT=12

C      WRITE(IKO,2)
2      FORMAT(/1X,'Name :',Z)
C      READ(IKE,4,ERR=6) NAME
C      FORMAT(60A1)
4      WRITE(IKO,8)
6      FORMAT(1X,'Diagnose :',Z)
8      READ(IKE,10,ERR=11) NDIA
10     FORMAT(60A1)
C
11     CALL AFKT(A,NFILE,ICH,RA,RE,0)      ;Abtastrate, Signallaenge
C      CALL OPEN(ICH,NFILE,2,IER)
C
12     DO 12 IP=1,120
C      H(IP)=0.

14     R1=RA
C      R2=R1+255.
C      KST=IFIX(100.*(R1-RA)/(RE-RA))
16     WRITE(IKO,16) KST
C      FORMAT(1X,I3,' %')
C      IF(R2.GE.RE) R2=RE
C      CALL RDDA(ICH,R1,R2,1E3,X)          ;Amplituden einlesen
C      K2=IFIX(R2-R1+1.)
C      DO 18 K=1,K2                        ;Haeufigkeit bestimmen
C      P=ABS(X(K))
C      IF(P.LT.1.) P=1.
C      IP=IFIX(40.*ALOG10(P))
C      IF(IP.LT.1.OR.IP.GT.120) IP=1
C      H(IP)=H(IP)+1.
18     CONTINUE
C      IF(R2.GE.RE) GOTO 20
C      R1=R2+1.
C      GO TO 14

C
20     CALL OPEN(6,'DD3.DA',2,IER)
C      CALL WRSEQ(6,H,480,2,IER)
C      CALL GLATT(H,10)                    ;Glaetten der Verteilung
C      CALL MAXEX(H,I1,I2,IMA,QH,DA)       ;Parameterextraktion
C
C      CALL PLINT(3.,2.)                  ;Zeichen der Verteilung
C      CALL KOLO(IMA)                     ;Koordinatensystem
C      XP=FLOAT(I1)/10.
C      YP=10.*H(I1)
C      CALL PLOT(XP,YP,3)
C      DO 30 I=I1,I2
C      XP=FLOAT(I)/10.
C      YP=10.*H(I)
C      CALL PLOT(XP,YP,2)
30     CONTINUE
C      CALL PLOT(0.,0.,999)

```

```
C      CALL G3PL
      WRITE(IK0,32)
32     FORMAT(1X,'Zeichnen ?',T41,Z)
      CALL JANEIN(JN)
      GOTO(34,36),JN
34     CALL HPPL
36     WRITE(IK0,48) DA,QH
      WRITE(IK0,38)
38     FORMAT(/1X,'Ausdrucken der Daten',T41,Z)
      CALL JANEIN(JN)
      GOTO(40,50),JN
40     WRITE(IOUT,42) NAME,NDIA
42     FORMAT(/////1X,60A1/1X,60A1)
      CALL DATE(IDATE,IERT)
      WRITE(IOUT,44) IDATE(2),IDATE(1),IDATE(3)
44     FORMAT(/1X,I2,'.',I2,'.',I4)
      WRITE(IOUT,46) (H(I),I=11,I2)
46     FORMAT(///10(1X,F5.3))
      WRITE(IOUT,48) DA,QH
48     FORMAT(///,1X,'Amplitudendifferenz',6X,F6.1,' dB'/1X,
1      'Haeufigkeitsquotient',7X,F5.2)
C
50     CALL RESET
      STOP
      END
```

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. H. H. Naumann herzlichst danken für die Übernahme des Koreferates sowie für die Überlassung des Arbeitsplatzes an seiner Klinik.

Mein besonderer Dank gilt weiterhin Herrn Prof. Dr. F. Martin für die Überlassung des Themas und die mir von ihm gewährte freundliche Beratung.

Herrn PD Dr. Dr. F. Klingholz möchte ich danken für die mir jederzeit gewährte Unterstützung. Seine Anregungen bei der Bearbeitung des Themas waren mir eine große Hilfe.

Lebenslauf

Am 22.11.58 wurde ich als einziges Kind der Eheleute Martin und Berta Vollnhals in München geboren. Von 1965 - 1969 besuchte ich die Volksschule an der Amalienstrasse in München, von 1969 an das Gisela - Gymnasium in München, wo ich 1978 das Abitur bestand. Von 1978 - 1981 studierte ich Humanmedizin in Würzburg, wo ich die Ärztliche Vorprüfung ablegte. Zum Sommersemester 1981 wechselte ich an die Ludwig - Maximilians - Universität in München, bestand die 1. Ärztliche Prüfung im Herbst 1981, die 2. Ärztliche Prüfung im Herbst 1983 und die 3. Ärztliche Prüfung am 6. November 1984. Seit dem 1. Dezember 1984 bin ich als wissenschaftlicher Assistent an der Klinik und Poliklinik für Hals - Nasen - Ohrenkrankheiten der Ludwig - Maximilians - Universität in München beschäftigt.

